



## 鑄造にいなわれた 材料研究者の道

早稲田大学基幹理工学部機械科学・航空学科；助手  
森 雄 飛

私は、学部時代は早稲田大学 機械科学・航空学科 中江秀雄研究室に所属し、鑄造、凝固、材料工学の基礎を学びました。修士課程からは、中江先生の定年退職に伴い、同大学大学院 機械科学専攻 鈴木進補研究室に移り、融体の熱物性測定、Ni 基単結晶超合金の研究に携わりました。その後、2017年3月に博士(工学)の学位を取得し、同年4月には同大学の助手に着任いたしました。卒論、修論、博論で異なる課題に取り組めたお陰で、合金設計、溶解、凝固、組織制御、特性評価という材料プロセス全体を俯瞰でき、各プロセスで必要な基礎学問を学ぶことができました。本稿では、これまでの研究内容をご紹介しますとともに、今後の抱負を述べさせていただきます。

卒業論文では、「Al 合金薄肉平板鑄物の湯流れ挙動」を説明しました。軽量化のため鑄物の薄肉化が求められていますが、薄肉鑄物の製造は非常に困難です。その原因は、表面張力が支配的になることで生じる不安定流れだと言われています。そこで、中江先生や先輩、早稲田大学 各務記念材料技術研究所(旧鑄物研究所)の技術職員の方々にご指導いただき、鑄型空間の片面を透明な耐熱ガラスとした砂型を自作しました。この特殊な砂型を用いることで、従来可視化することができなかった鑄型空間内の Al 合金溶湯の不安定流れを高速ビデオカメラにより直接観察することに成功しました。さらに、鑄型空間内の酸素分圧を計測・制御できる機構を自作し、Al 合金薄肉平板鑄物の湯流れに対する酸化被膜の影響を解明しました。この成果は、日本鑄造工学会会誌「鑄造工学」に投稿し、お陰様で平成29年度論文賞をいただきました。

修士課程では、国際宇宙ステーションでの微小重力実験「その場観察による溶液中の Soret 効果の解明」の実現可能性を検証しました(Feasibility study)。Soret 効果とは、温度と濃度が均一な混合溶液に温度勾配を与えた時に生じる物質輸送現象で、凝固・結晶成長を理解する上で重要です。JAXA/ISAS の稲富裕光先生の厚意あるご指導のお陰で、透明な混合溶液の温度・濃度変化の両方を同時に非接触測定で

きる2波長マッハツェンダ干渉計を作製できました。この干渉計を用い、温度変化と Soret 効果に起因する濃度変化のその場測定を試みました。しかしながら、熱電対で測定した温度が一定であるにも関わらず、干渉計で測定した温度は正弦波のように大きく変化するという問題に直面しました。後輩と共に悩み続けた結果、その正弦波状の温度変化は、試料溶液に起因するものではなく空気の微小な動きに起因するノイズであると突き止めました。この解決策として、石英製試料容器の壁面部分における干渉縞の変化を同時に測定し、その変化分を差し引く手法を見出しました。その結果、微小重力実験の実施に繋がりました。また、本研究を進めるにあたり、鈴木先生には論文調査、問題抽出、目標設定、研究計画、成果報告という研究の流れをご指導いただき、大変感謝しています。

博士課程では、「Ir 添加 Ni 基単結晶超合金のクリープ変形挙動」について研究しました。近年開発された Ni 基単結晶超合金には、クリープ強度を低下させる Topologically Close Packed (TCP) 相の析出を抑制するため Ru が添加されています。一方、Ru の代替として Ir を添加(Ir 置換)した方がより効果的に TCP 相の析出を抑制できます。私の博士論文では、この原因が TCP 相析出の速度論的な大幅な遅延であることを見出しました。当初、Ir 置換により TCP 相の析出が抑制できるのは、Ir 添加合金の方が  $\gamma/\gamma'$  2 相組織の熱力学的安定性が高いためであると考えていました。そこで、ひずみ時効により  $\gamma/\gamma'$  2 相組織を再結晶させて TCP 相の析出を加速させることで  $\gamma$ 、 $\gamma'$  および TCP の限りなく 3 相平衡に近い組織を得ました。しかしながら、これらの TCP 相の体積率を比較しても大きな差は見られませんでした。一方、TCP 相の析出に関する等温変態図を作成したところ、Ir 置換すると TCP 相の析出が大幅に遅延することが分かりました。この知見が Ni 基単結晶超合金の更なるクリープ強度向上に繋がることを期待しています。博士課程では学生の集大成として、原田広史博士をはじめ物質・材料研究機構の研究者の方々の貴重なご指導のお陰で、不勉強な点は多々あるものの、学部・修士課程で学んだ基礎学問の理解を深めることができました。

私は今後も鑄造・凝固、輸送現象、金属耐熱材料をキーワードに、研究活動を続けていくことを希望しています。まだ研究者のスタートラインに立ったばかりの若輩者ですが、材料工学の発展に貢献なさっている諸先輩方に少しでも近づけるよう精進いたします。鑄造、Soret 効果および Ni 基単結晶超合金を通して先生方にご教授いただいた鑄造工学、凝固論、平衡/非平衡熱力学、輸送現象論の理解を更に深めつつ、早稲田大学の校歌にある「進取の精神」をもってこつこつと研究に取り組んでゆく所存です。

この度は本稿執筆の機会をいただき、誠にありがとうございます。推薦していただいた鈴木進補先生、編集委員および関係各位の皆様には深く御礼申し上げます。

(2017年4月19日受理) [doi:10.2320/materia.56.401]

(連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)